

北鎌倉隧道安全対策検討業務

報 告 書

平成 29 年 3 月 31 日

一般社団法人日本トンネル技術協会

## 目 次

1. 業務の目的 . . . . . p 1
2. 業務の内容 . . . . . p 1
3. 1 文化財的価値の検討 . . . . . p 2
3. 2 仮設隧道の検討 . . . . . 別冊 1
3. 3 はく落原因等検証結果 . . . . . 別冊 2

## 1. 業務の目的

北鎌倉隧道の安全対策については、隧道整備の方策の検討を重ね、平成27年度には「北鎌倉隧道安全対策等検証業務」を実施し、専門的かつ客観的な見地から道路通行の安全と通行機能の確保とともに、北鎌倉隧道の現状をできる限り保全する視点で検討し、「坑口補強+アーチ・パネル(透明型)工法」と「既往成果の開削案」の二つの隧道整備の方策(工法)の提案をまとめた。市では、この結果を踏まえ、同年8月に開削工法で安全対策工事を実施する方針を決定し、平成28年1月から工事に着手した。

しかし、文化庁から、トンネルが所在する尾根の文化的価値の検証を行なうよう指導を受け、平成28年7月8日に鎌倉市文化財専門委員会に審議いただいたところ、「北鎌倉隧道が存する尾根には、文化財的な価値がある。史跡指定を目指すべきである。」との結論を得たことから、開削工事を中止し、工法の見直しを行うこととした。

本業務では、将来の史跡の指定(拡大)を見据え、専門的かつ客観的な見地から、北鎌倉隧道が存する尾根(以下「尾根」という。)の文化財的価値の確認と保全方針等の検討を行う。さらに、この方針に基づき、北鎌倉隧道が存する道路の通行の安全と文化財的価値の保全の両立について検討を行い、道路の通行機能が確保でき、実現性のある隧道の安全確保の方策(工法)を検討することを目的とする。

また、市では通行の安全が確保できないため、当該道路を平成27年4月28日から通行禁止としているが、既に通行止めから約1年半が経過しており、早期に地域の利便性を確保するため、仮設隧道の整備の検討を行うものである。

## 2. 業務の内容

本業務の主な内容は、以下のとおりとする。

### (1) 現況調査

- ・ 現地踏査等により、尾根及び隧道の保存の状況を把握し、整理する。
- ・ 隧道内部及び坑口周辺の地表観察を行い、浮石の規模や亀裂の状況などを把握する。また、将来はく落の可能性のある岩塊及び樹木等の根の状況を把握する。
- ・ 当該隧道直下の地下埋設物埋め戻し状況を調査し、既存土壌の状況を把握する。

### (2) 文化財的価値の保全方針の検討

尾根の文化財的価値の確認、史跡指定を見据え、史跡円覚寺境内・名勝乃史跡円覚寺庭園保存管理計画に定める本質的価値との整合性を踏まえ保存管理の基本方針を示す。

### (3) 隧道の安全確保の方策(工法)の検討

- ・ 尾根の文化財的価値と道路通行の安全とが両立ができる方策(工法)について検討する。
- ・ 尾根の植生管理、表土保全の考え方及び手法を整理する。

#### 【検討の条件】

2-(3)の検討は、道路は一般の通行を有するものとして「現在の通行機能」を確保したものとし、次の条件により行うものとする。

#### 1) 道路の通行機能の水準(本設)

歩行者及び小型自動車の通行ができる[現在の通行機能を確保]

(H=2.0m・W=2.2m)

※想定する小型自動車の寸法：H=1.48m・W=1.7m

#### 2) 隧道の保全等

検討にあたっては、一般の道路の通行の安全確保が必須であるが、隧道の原状をできる限り保全する視点で検討を行うこと。

### (4) 仮設隧道の検討

- ・ 安全かつ早期の歩行者の通行路が確保できる仮設隧道の工法の検討を行う。

## (5) 委員会の構成および委員会検討経緯

検討にあたっては調査委員会を設置した。検討委員会は、学識経験者をもって構成し、委員長、副委員長及び委員は下記のとおりである。

北鎌倉隧道安全対策検討委員会の構成(順不同)

	役職	氏名	分野	所属・役職
1	委員長	澤田 正昭	文化財	東北芸術工科大学 文化財保存修復研究センター長
2	副委員長	西村 和夫	土木	首都大学東京 都市環境学部教授
3	委員	長田 昌彦	地質学	埼玉大学 理工学研究科 環境科学・社会基盤部門准教授
4	委員	小泉 淳	土木	早稲田大学 理工学術院教授
5	委員	河野眞知郎	文化財	鶴見大学 仏教文化研究所 学外兼任研究員
6	委員	真下 英人	土木	(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所長

北鎌倉隧道安全対策検討委員会の業務工程

項目	平成28年		平成29年			備考
	11月	12月	1月	2月	3月	
1. 検討委員会の開催	11/10		1/30		3/16	
2. 意見を聴く会の開催				2/11		
3. 報告書のまとめ						

北鎌倉隧道安全対策検討委員会での検討経緯

第1回安全対策検討委員会	第2回安全対策検討委員会	第3回安全対策検討委員会
日時：平成28年11月10日(木) 場所：鎌倉市役所会議室 出席者：澤田委員長 西村副委員長 長田委員 小泉委員 河野委員 真下委員	日時：平成29年1月30日(月) 場所：鎌倉市役所会議室 出席者：澤田委員長 西村副委員長 長田委員 小泉委員 河野委員 真下委員	日時：平成29年3月16日(木) 場所：鎌倉市役所会議室 出席者：澤田委員長 西村副委員長 長田委員 小泉委員 河野委員 真下委員
① 現地調査結果の説明 ② はく落原因等の検討 ③ 経緯及び国指定史跡円覚寺境内保存管理計画の説明 ④ ライナープレート仮設工の説明	① ライナープレート仮設工の提案のまとめ ② 本設に向けた文化財的価値の保全方針の検討 ③ 既往調査資料の整理 ④ 路面下地中レーダ探査結果等の説明 ⑤ 対策工法の検討	① 本設に向けた文化財的価値の保全方針のまとめ ② 対策工法の提案とまとめ

### 3. 総合所見

#### 3.1 文化財的価値の検討

##### (1) 文化財的価値の保全方針のまとめ

###### ①前提条件

- 平成28年7月8日開催の鎌倉市文化財専門委員会での審議結果では、「当該尾根は円覚寺境内絵図に描かれた境界として、文化財的価値を有する場所であり、国指定史跡の指定を図っていくべきである」との結論が出ている。
- 市としては、当該尾根の文化財的価値の保全と道路の安全な通行確保の両立を目指すこととした。
- 現況調査では、風化等が進んでいるものの、隧道の状況は平成28年度の検証委員会がまとめた「隧道の安全性に係る所見」と基本的に変わらず、トンネル全体が捻れるような変形となっており、均等に力がかかっている状態である。トンネル天井部の亀裂により片持ち状態にあると想定され、かろうじてバランスを保っている状態である。また、坑口やJR側斜面にも浮石や風化等が進んだ岩塊が見られ、尾根の形状を残す場合、対策が不可欠である。
- 将来の尾根の追加指定を見据え、その場合には既往の国指定史跡の区域拡大となるため、国指定史跡円覚寺境内保存管理計画（以下「保存管理計画」という。）の考え方に準拠する必要がある。

保存管理計画の考え方は次のとおりである。北鎌倉隧道が存する尾根の文化財的価値の保全方針（以下「文化財的価値の保全方針」という。）をまとめるに当たり、6つの課題に整理した。

保存管理の考え方（「保存管理計画」から該当箇所を抜粋）

対象	諸要素区分	保存管理の基本的な考え方	保存管理の方法(丘陵地区)
トンネルの所在する尾根	本質的価値を構成する諸要素	諸要素の歴史的、文化財的価値を損なうことのないよう適切な保存管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>史跡がき損もしくは衰亡している場合には、必要に応じ、学術的調査の成果等を踏まえて、<b>復旧・修理</b>を行う。</li> <li>樹木の根系等が史跡の本質的価値を構成する諸要素の保全を脅かす場合には、<b>保全を優先した対策</b>をとるものとする。</li> </ul>
トンネル	その他の要素	周囲の景観や風致を損なわないよう管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>崩落、落石、土砂流出等の危険が予測される箇所については、<b>適切な植生管理</b>を行い、植生による山林の崩壊等を防止するとともに、<b>災害防止の措置</b>を講じる。</li> <li>防災等の対策にあたって、擁壁等<b>工作物の設置が不可避</b>である場合は、<b>史跡への影響を最小限に抑え</b>、かつ<b>景観に配慮した工法</b>をとるものとする。</li> <li>便益施設等の設置にあたっては、その必要性和設置場所を十分検討するとともに、史跡としての環境及び景観に配慮した上で<b>行うものとする</b>。</li> </ul>

課題1: 復旧・修理を行う必要があるのか。

課題2: 尾根の保全のため、樹木の植生管理はどのように行うべきか。

課題3: 通行の安全確保及び崖面の防災措置として、何が認められるか。

課題4: 通行の安全及び防災の対策にあたり、工作物の設置は不可避か。

課題5: 将来の史跡指定(本質的価値)への影響を最小限に抑える工法(方策)とは。

課題6: 景観に配慮した工法とは。

植生管理の考え方（「保存管理計画」から該当箇所を抜粋）

植生管理の基本的な考え方	丘陵a地区		
	植生管理方針	管理方針	管理項目
<ul style="list-style-type: none"> <li>史跡の本質的価値を構成する要素の保護を図る。</li> <li>史跡としての<b>風致・景観を維持</b>する。</li> <li>防災・安全性の確保に努める。</li> <li>新たな植栽を行う場合には、地域の風土や歴史に配慮した<b>在来</b>の植物の利用に努める。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>堂宇や墓地等と隣接する急傾斜地を多く含むため、安全性の確保に特に留意するとともに、切岸の積極的な保存に努める</li> <li>など、遺構の保存や防災、安全上の観点から適切な植生管理を行うことを方針とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>遺構の保存、防災・安全管理のための適切な植生管理</li> <li>樹木の安全管理</li> <li>切岸及び切岸上端部の、露岩地や草地としての維持</li> <li>竹林の拡大を抑制するための適切な維持管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>樹木の安全管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>大型化した樹木の樹高の低減</li> <li>枯れ枝、枯損木、傾斜木等の除去</li> <li>切岸等における樹木伐採等</li> </ul> </li> <li>樹林の管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>竹林の適切な管理</li> </ul> </li> </ul>

###### ②文化財的価値の保全方針

検討委員会での検討を踏まえ、前述の課題ごとに文化財的価値の保全方針を定めた（表3-1～表3-2）。

##### (2) 対策方策(工法)の提案

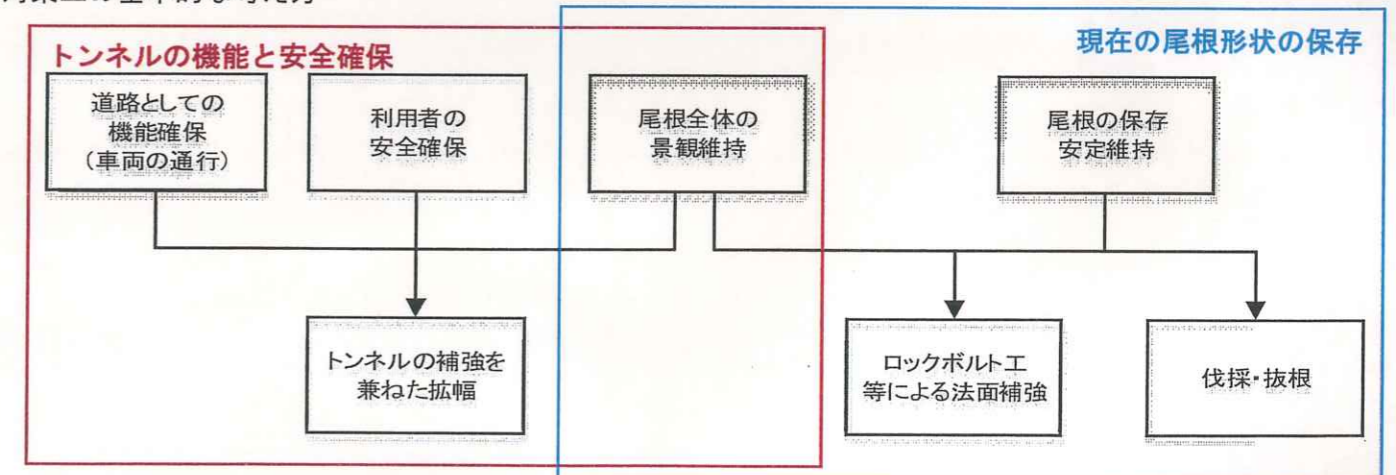
隧道が存する尾根の文化財的価値の保全と道路の通行の安全を確保するための方策(工法)の検討結果は次のとおりである。

###### ①検討の条件

- 前述でまとめた「文化財的価値の保全方針」の考え方との整合を図る。  
具体的には次の方針により安全対策を検討する。

- 尾根について、文化財的価値があり、基本的に現在の地形を残す。
- トンネルは、文化財的価値は無く、通行の安全確保を優先し、必要な対策を実施する。
- 文化財的には、トンネルの現状の形を残す必要は無く、トンネルの安全確保のためトンネル内部の補強や内側の掘削、JRピラー部の補強が不可欠であり、必要な対策を実施する。
- 尾根のJR側の斜面を補強等することは、文化財的価値を損うものでないことから、将来に渡り、現在の尾根の形状を保全するため、落石防止対策及び表層の風化・浸食防止対策を実施する。
- 植生管理については、危険木の伐採等は差し支えなく、現地調査の結果を踏まえ、必要な対策を実施する。
- 対策にあたっては、周囲の景観との調和に配慮した色や素材を用い、必要な場合には表面の修景を行うこととする。

##### 対策工の基本的な考え方



- 道路の通行機能の要求レベルは「現状の通行機能（小型自動車の通行）を維持すること」を基準とする。

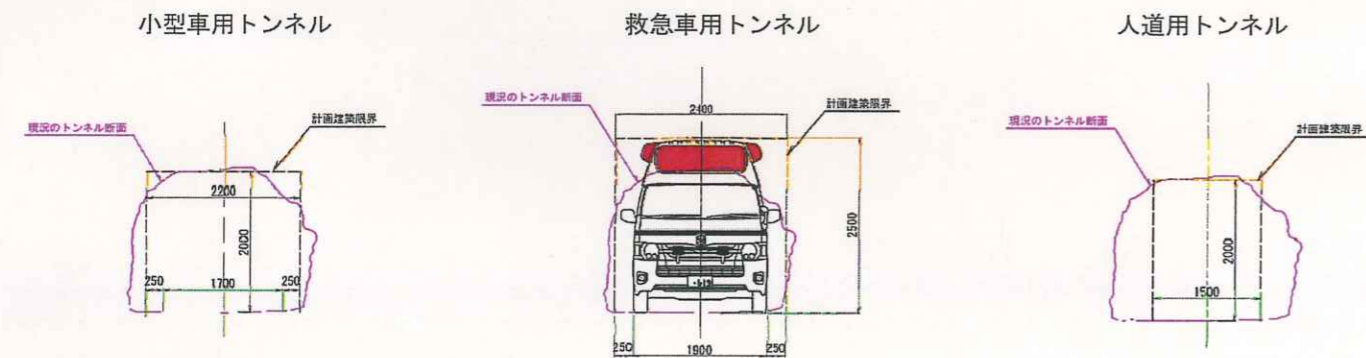
＜設計条件＞

- ア. 現状通行可能な車両：幅 1.69m、高さ 1.48m程度
- イ. 設計車両：「小型自動車」長さ 4.7m、幅 1.7m、高さ 2.0m（道路構造令第4条）
- ウ. 路肩幅：両側 0.25m（車両制限令第9条）
- 埋設管（水道管φ1000mm）から構造物までの離隔は0.5m以上確保することとし、埋設管は道路（トンネル）の直下になるよう計画する。
- 地域の利便性の早期確保のため、別途「仮設隧道の検討」を実施しているが、現時点では関係者との調整中であることから、工事に当たっては、現在のトンネルを一旦エアモルタルなどで閉塞し、掘削する事とした。

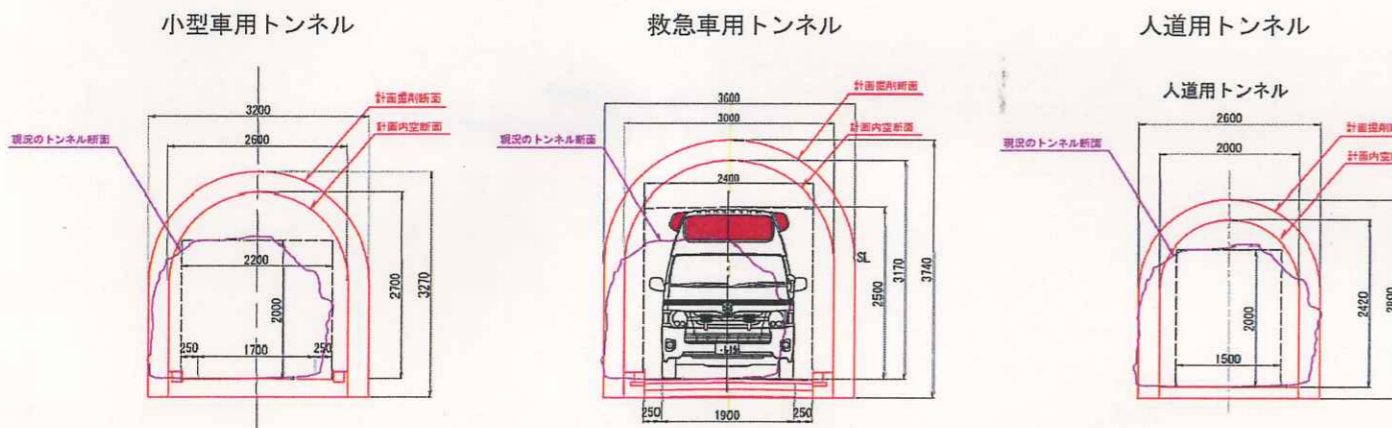
また、検討委員会では、上記の①小型自動車（幅 1.7m、高さ 2.0m）が通行可能な方策以外にも、「意見を聞く会」で出された市民意見を考慮し、②救急車（幅 1.9m、高さ 2.5m）が通行可能な方策、③歩行者のみ通行（幅 1.5m、高さ 2.0m）する方策も併せて検討を行った。

現況のトンネル断面と計画断面の比較

①現況断面と建築限界の比較



②計画トンネル断面との比較



道路の通行の安全を確保するための方策（工法）の検討結果

提案する方策	①小型自動車通行案	②救急車通行案	③歩行者のみ通行案
1)トンネル本体の構造を補強する対策	<p>「トンネル位置を極力変更せず、トンネル上部にできる限り切土が発生しないよう、トンネル線形を折り、坑口付近の安全確保のため、トンネルの延長を長くする」を推奨する。</p> <p>＜方策の考え方＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>現在のトンネル内部(山側)を削り拡幅し、通行に必要な断面を確保する。</li> <li>道路管理の面から、トンネルの空間は地震時等に土被り荷重がトンネルに作用しても安全が確保できるようコンクリート等による覆工を行う。</li> <li>JR側の側壁は厚さが薄い部分もあるため、土被りが不足する部分は人工地山(エアモルタル等)を構築して安全を確保する。</li> <li>トンネル坑口付近では、安全を確保するため、周囲を人工地山で覆うことでトンネル構造を維持する。</li> <li>トンネル構築後は表面に擬岩処理を施し、現況の岩肌の情調を再現する。</li> <li>実現性を考慮し、鎌倉側坑口部は民地にかからないようにする。</li> </ul>		
	車両の安全確保が可能、かつ尾根の形状が大きく変わらない。埋設管との位置関係が変わらず、用地条件も問題ないことから推奨案とする。	救急車の通行が可能であるが、①よりもトンネル拡幅量が大きくなる(幅+20cm、高さ+50cm)。JR側の人工地山も増加する。	トンネル拡幅量が①よりも多少少なくなり、削る断面が最小となる(幅-20cm、高さ±0cm)。これまで通行していた車両が通行できなくなり、地域の安全や生活の利便性が現状より悪化する。
2)尾根部の落石防止対策	<p>ロックボルト工法</p> <p>＜方策の考え方＞</p> <p>尾根の形状を極力現状のまま残す場合、尾根崖面の安全対策が必要である。施工の実現性や確実性に優れた「ロックボルト工法」をとする。</p>		
3)尾根表層のはく落・風化・浸食防止対策	<p>厚ネット工+植生マット工法</p> <p>＜方策の考え方＞</p> <p>当該尾根は風化等が著しい岩塊で構成されることから、表層のはく落等の防止対策が必要である。施工の確実性と景観性に優れた「厚ネット工+植生マット工法」をとする。</p>		
4)植生管理	<p>尾根斜面部の危険木伐採</p> <p>＜方策の考え方＞</p> <p>対策に先立ち、尾根斜面部の危険木の伐採を行う。特に、植生調査によりはく落箇所への根茎の侵入が確認された樹木(サクラ亜属、フジ属、ウツギ属)は優先的に除去する。抜根は基本的に行わないが、岩盤に悪影響を与えている場合はできる範囲で除去する。その場合、樹根を除去後の亀裂には、モルタルを充填する。</p>		

※道路の通行機能の決定については、道路管理者としての行政の判断による必要がある。

### (3) 今後の検討課題

当検討委員会では、「円覚寺境内絵図」に描かれた境界として、文化財的価値を有し、北鎌倉隧道が存する尾根を原状のまま残すことを目指し検討を進めてきた。

また、トンネルは近代に生活のために造られたものであり、文化財的な価値は無いが、地域で親しまれてきたものであり、安全を確保した上で、出来る限りその景観を維持したいとして検討を行ってきた。

平成 28 年度の検討委員会の検討結果は(2)の「対策方策(工法)の提案」のとおりであるが、これらの方策の実現を図るため当委員会においては検討のあった以下の課題について、今後方策の具体化を図る中で、さらに検討を行う必要がある。

#### [今後の検討課題]

- ・トンネル天井部に見られるクラックの方向
- ・地下水の影響について
- ・トンネル内の排水対策について
- ・切土勾配について
- ・材料の耐久性と使用材料について
- ・除去した土砂の利用(擬岩等の材料として活用)
- ・樹木の早期伐採について

表 3-1 文化財的価値の保全方針（1）

項目	課題	保全方針	摘要
①文化財的価値の保全	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該箇所における本質的価値とは何か。守るべきものは何か。</li> <li>復旧・修理を行う必要があるか。 <b>課題 1</b></li> </ul>	<p>『史跡円覚寺境内保存管理計画』の考え方に基づき、トンネルが所在する尾根の構成要素について、以下の区分を位置づける。</p> <p>1)トンネルが所在する尾根 ⇒ (本質的価値を有する要素)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>残っている自然地形を現状の形状に残すことに努める。</li> <li>現在の尾根の形状を保存するために必要な方策を実施する。</li> <li>元々の尾根の形状に関する資料が十分で無く、その後の改変が防災対策、宗教活動に資するために実施されたものであるため、地形の復旧は行わない。</li> </ul> <p>2)トンネル、墓地、擁壁 ⇒ (その他の要素)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>周囲の景観や風致を損なわない方策（工法）を用いて、トンネルの安全な通行を確保するための対策を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>文化財専門委員会、第1回委員会において、“尾根は本質的価値を有する場所である”との見解が示されている。一方、トンネルについては、第1回、第2回委員会、平成29年1月27日の文化財専門委員会において“史跡の価値とは直接関わりはない”との見解が示されている。</li> <li>『円覚寺境内保存管理計画』（以下、『保存管理計画』という）では、「本質的価値を構成する諸要素」として“中世の人工地形及び丘陵、谷戸の自然地形”としている。一方、「その他の要素」として“近代以降に造成された墓地、寺院以外の建築物、構造物等(市道、擁壁等)”が挙げられている。</li> <li>当該尾根は、鉄道の敷設、防災工事、宅地化の進行、宗教活動、自然的な減退などにより大きく地形を変え、鎌倉時代の丘陵の自然地形のまま残るところは限られている。</li> </ul>
②地形の改変	<ul style="list-style-type: none"> <li>保存すべき尾根の形状とは何か。地形の改変はどこまで認められるか。</li> <li>通行の安全性確保及び崖面の防災処置としては何が認められるか。 <b>課題 3</b></li> </ul>	<p>1)尾根を構成する岩盤</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尾根を構成する岩盤は保存すべき要素であるため、できる限り岩盤の整形や岩塊の除去等を行わない。</li> <li>ただし、トンネル本体の補強や現在の通行機能を確保する上で必要となる場合には、不安定岩塊等の処理も含め、内壁を構成する岩盤の掘削は止むを得ないものと解する。</li> <li>地震時等の外力により不安定化することが懸念される岩盤については、安定化を図る対策を行う。</li> </ul> <p>2)尾根の堆積土</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尾根に存在する堆積土の一部は尾根の岩盤と一体を成すものであり、遺構等を含む可能性があるため、基本的には掘削等を行わない。</li> <li>ただし、尾根やトンネルの安全対策を行うために必要となった場合には、事前に確認調査を行った上で最小限の掘削を行う。</li> </ul> <p>3)不安定岩塊・土砂の除去</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル坑口付近の不安定岩塊や浮石・土砂については、尾根全体の景観を大きく変えないものであり、災害防止のために必要な範囲で除去する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>丘陵の自然地形である尾根の岩盤形状は本質的価値を有するものである。</li> <li>文化庁から、“尾根については、どれだけ削られているか様々な意見がある。JR側の斜面部分も取扱いについては慎重に。”との見解が示された。</li> <li>尾根上部の堆積土の一部は尾根の岩盤と一体を成すものである。また、堆積土中には鎌倉時代の遺構や遺物が埋蔵されている可能性がある。</li> <li>尾根の斜面部に堆積する土砂は崩壊する可能性があり、安全な通行確保に必要な落防止対策の実施が必要である。</li> <li>トンネルは地震時等の外力により、尾根地形が内側に崩壊する懸念のある不安定な状態であり、トンネルの構造的な安定性を確保する対策の実施が必要である。</li> <li>トンネル両坑口部では岩盤亀裂が発達しており岩塊がはく落する可能性が高い。安全な通行確保のため、トンネル坑口のはく落防護対策を実施する必要がある。</li> <li>第1回委員会において、「落とすべきところは落とした方が良い」という意見が出ている。</li> <li>文化庁から、委員会で文化財と土木の専門家により十分に検討を重ねた結論であるので、本設に向けた考え方はこれでよいとの見解を得ている。</li> </ul>

表 3-2 文化財的価値の保全方針 (2)

項目	課題	保全方針	摘要
③植生の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切かつ最小限の植生管理とは何か。</li> <li>尾根の保存のための植生管理はどのように行うべきか。</li> </ul> <p style="text-align: center;">課題 2</p>	<p><b>1)植生の間伐・枝払い等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>良好な樹林環境を保全するために間伐、枝払い、除草等を行う。尾根全体の伐採は行わない。</li> </ul> <p><b>2)支障木の伐採</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>尾根の岩盤やトンネルに悪影響を与える可能性のある尾根斜面の支障木は伐採する。</li> </ul> <p><b>3)抜根</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>支障木のうち、尾根の岩盤やトンネルに悪影響を与えている樹根は、岩盤に影響を与えない範囲で抜根まで行う。その場合、樹根を除去した後の亀裂にはモルタル等を充填し、岩盤の安定化を図る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>『保存管計画』では、「丘陵地区」において、“はく落、落石、土砂流出等の危険が予測される箇所については、適切な植生管理を行い、植生による山林のはく落等を防止するとともに、災害防止の措置を講じる”、“防災等の対策にあたって、擁壁等工作物の設置が不可避である場合は、史跡への影響を最小限に抑え、かつ景観に配慮した工法をとる”、“樹木の根系等が史跡の本質的価値を構成する諸要素の保全を脅かす場合には、保全を優先した対策をとる” こととなっている。</li> <li>植生管理方針では、「丘陵 a 地区」において、“遺構の保存、防災・安全管理のための適切な植生管理を行う。具体的には、大型化した樹木の樹高の低減、枯れ枝、枯損木、傾斜木、倒木等の除去、竹林の適切な管理等を実施する” こととなっている。</li> </ul>
④工作物等の設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>通行の安全対策及び防災対策にあたっては、工作物の設置が「不可避」か。</li> <li>将来の史跡指定（本質的な価値）への影響を最小限度に抑える工法（方策）とは何か。</li> <li>景観に配慮した工法とは何か。</li> </ul> <p style="text-align: center;">課題 4 課題 5 課題 6</p>	<p><b>工作物の設置等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>トンネルの安全な通行を考えた場合、最低でもモルタル吹付などの覆工構造が必要であり、内空断面の減少が生ずる。このため、小型車の通行に支障がある箇所については、必要最小限の範囲でトンネル壁面の掘削を行う。</li> <li>トンネルや尾根崖面の安全対策のために必要なロックフェンス・ロックネット、ロックボルトなどの落石対策、トンネル本体の補強のための洞門・シェルター・コンクリート補強壁の設置、腹付け盛土の実施など工作物の設置を必要に応じて行う。</li> <li>ただし、景観に配慮した色や素材を用いるよう努め、必要な場合には表面の修景を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネルの補強にあたっては、現在の交通機能の確保（歩行者及び小型自動車の通行）*を前提とする。 *歩行者及び小型自動車の通行ができる現在の通行機能 H=2.0m・W=2.2m（想定する小型車の寸法：H=1.48m、W=1.7m）</li> <li>トンネルについては、通行の安全確保のため、トンネル本体の補強（JR 側側壁を含む）、坑口部の安全対策を実施する必要がある。</li> <li>構造物の設置にあたっては景観に配慮した工法を用いて実施する。</li> <li>第 2 回委員会において、「坑口やトンネル本体を守るために付帯の構造物を設ける場合は、景観に配慮する」との意見が出ている。</li> <li>第 2 回委員会において、「JR 側の斜面を擁壁等で補強することは文化財的価値を損なうものではない」との意見が出ている。</li> </ul>
⑤用地等の制約	<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する JR 横須賀線「北鎌倉駅」に対する影響はどうか。</li> <li>隣接地の地権者への影響はどうか。</li> </ul>	<p><b>対策工の選定</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JR 駅施設内への恒久構造物の設置は回避すると共に、用地等の制約による施工条件の厳しさを考慮し、現実的かつできる限り駅施設や周辺宅地等への影響の少ない工法を採用する。</li> <li>仮に当該地の尾根が大規模な崩壊を生じた場合の JR 軌道側への影響を考慮し、工作物等の設置にあたっては地震力についても検討を行う。</li> <li>JR 東日本、その他施工区域内の地権者、近隣地権者にはあらかじめ内容を説明し、協力及び同意を得ることとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該地に隣接する JR 横須賀線北鎌倉駅は、通勤・通学、観光客に利用される主要な駅であり、1 日平均での乗車数は約 9 千人に及ぶ。現在の駅ホームの幅は土地の制約で決して広いものではなく、駅構内に保存対策のための恒久構造物の設置は困難である。</li> <li>仮設工事などで駅構内の用地を利用する場合には、列車の運行の確保や駅利用者の安全への対応から、時間・使用空間の大きさ、工事方法等に厳しい制約が生じる。</li> <li>駅構外での安全対策工事についても、鉄道施設への近接工事に該当するため、工事内容に則した近接協議が必要となり、相当の時間と厳しい制限が生ずる。</li> <li>当該地に至るまでの道路は非常に狭隘であり、大きな資材の搬入や重機等の使用はできないことが前提となる。また、JR 軌道と宅地や山に囲まれた道路上にしか工事ヤードを確保することができない厳しい施工条件下にある。</li> <li>JR 以外の周辺地での作業についても、地権者との協議、土地使用等の同意が必要となる。</li> </ul>



(2) 対策方策（工法）の提案

次の方策（工法）を提案する。

表 3-3 トンネル計画

対策案	方策① 小型自動車通行	方策② 救急車通行	方策③ 歩行者のみ通行
方針	トンネル位置を極力変更せず、トンネル上部にできる限り切土が発生しないよう、トンネル線形を折り、延長を長くする方策。鎌倉側坑口は民地にかからないようにし、坑口を追い込んで 1:0.3 の切土を施工する。	左記の案で、救急車が通行できる断面とした方策。	左記の案で、歩行者が通行できる断面とした方策。
トンネル延長	11m	11m	11m
概要図			
施工性	○大型機械を必要とせず、施工可能である。 △鎌倉側に 1:0.3 の勾配で切土 (L=9m、H=8m程度) が必要となる。 ※ただし、切土勾配については、今後詳細調査を行い決定する必要がある。	同左	同左
安全性	△坑口斜面からの落石防止や安全対策が必要となる。	同左	同左
利便性	△トンネルが折れ曲がるため走行性がやや悪い。 △入口から出口を見通しにくい。	同左 ○救急車が通行できるようになる。	同左 ×車両が通行できなくなり、地域の安全や生活の利便性は悪化する。
文化財の保全 景観への影響	○文化財的価値の保全方針と整合する。 ○トンネル上部に切土が発生しないため、尾根全体の形状は大きく変わらず、尾根の保全に影響を与えない。 △坑口付近の安全対策により、トンネル延長が現状より長くなる。	同左。 △トンネル拡幅量が方策①よりも大きくなる (幅+20cm、高さ+50cm)。 △JR 側の人工地山の延長が増加する。	同左 △トンネル拡幅量が方策①よりも多少少なくなる (幅-20cm、高さ±0cm)。
埋設管への影響	○トンネルの位置を変えないため、埋設管との位置関係が現在と概ね同様になる。	同左	同左
用地条件	○民地にかからない	同左	同左
評価	車両の安全確保が可能なこと、尾根の形状が大きく変わらないこと、埋設管との位置関係が変わらないこと、用地条件に問題がないことから推奨案とする。	救急車の通行を確保する場合は本案を推奨案とする。	車両の通行が不可能となり、現状の通行機能が確保できない。地域の安全や生活の利便性を損なうことから推奨しない。

[評価の表示] ○…優れている、△…計画上許容可能、×…計画上許容できない

前述の提案の検討に当たって作成した案は次のとおりである。提案の計画は第2案を基本とし、用地条件を考慮してまとめたものである。

[参考]


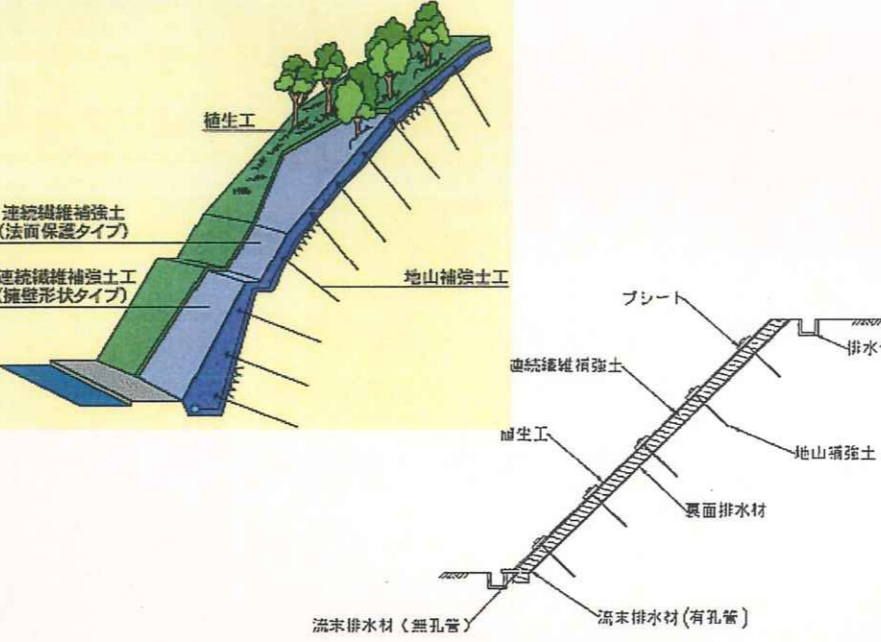

表3-4 トンネル計画 比較表 (参考)

対策案	第1案	第2案	第3案
方針	現在のトンネル位置、長さを極力変えず、直線線形として拡幅する案。オーバーハング部は1:0.3で切土する。	トンネル位置を極力変更しないとともに、トンネル上部に切土が発生しないよう、トンネル線形を折り、延長を長くする案	トンネル線形を山側に移動させることでトンネルの土盛りを確保するとともに、線形を滑らかにして小型車の走行性を良好にする案
トンネル延長	8 m	14 m	13 m
概要図			
施工性	○大型機械を必要とせず、施工可能である。 △急勾配での切土が必要となる。	○大型機械を必要とせず、施工可能である。	○大型機械を必要とせず、施工可能である。
安全性	△坑口斜面からの落石防止や安全対策が必要である。	○小さな落石はトンネル上部に落ちる。	○小さな落石はトンネル上部に落ちる。
利便性	○トンネル線形が現在と変わらず直線となる。 ○入口から出口が見通せる。	△トンネルが折れ曲がるため走行性がやや悪い。 △入口から出口を見通しにくい。	○車両の走行性が向上する。 ○入口から出口がほぼ見通せる。
文化財の保全 景観性	○トンネル延長は大きく変わらないため、尾根全体の保全に影響はない。 ×坑口前に大きな切土が発生し、尾根の景観が変わる可能性が高い。	○トンネル上部の切土が発生しないため、尾根全体の形状は大きく変わらず、尾根の保全に影響はない。 △トンネル延長が現状より長くなる。	○トンネル上部の切土が発生しないため、尾根全体の形状は大きく変わらず、尾根の保全に影響はない。 △トンネル延長が現状より長くなる。
埋設管への影響	○トンネルの位置を変えないため、埋設管との位置関係が現在と概ね同様になる。	○トンネルの位置を変えないため、埋設管との位置関係が現在と概ね同様になる。	×既設埋設管 (水道管φ1000 mm) の上部を埋めることになる。
用地条件	○民地にかからない	△鎌倉側坑口が民地にかかる。	△鎌倉側坑口が民地にかかる
経済性 (順位)	1	3	2
評価	× (坑口前に大きな切土が発生するが、擁壁等で回避できる可能性がある)	△ (実現性を考慮し、民地にかからないようにする必要がある)	× (既設埋設管の上部を埋められない)

表 3-5 尾根部の落石防止対策工

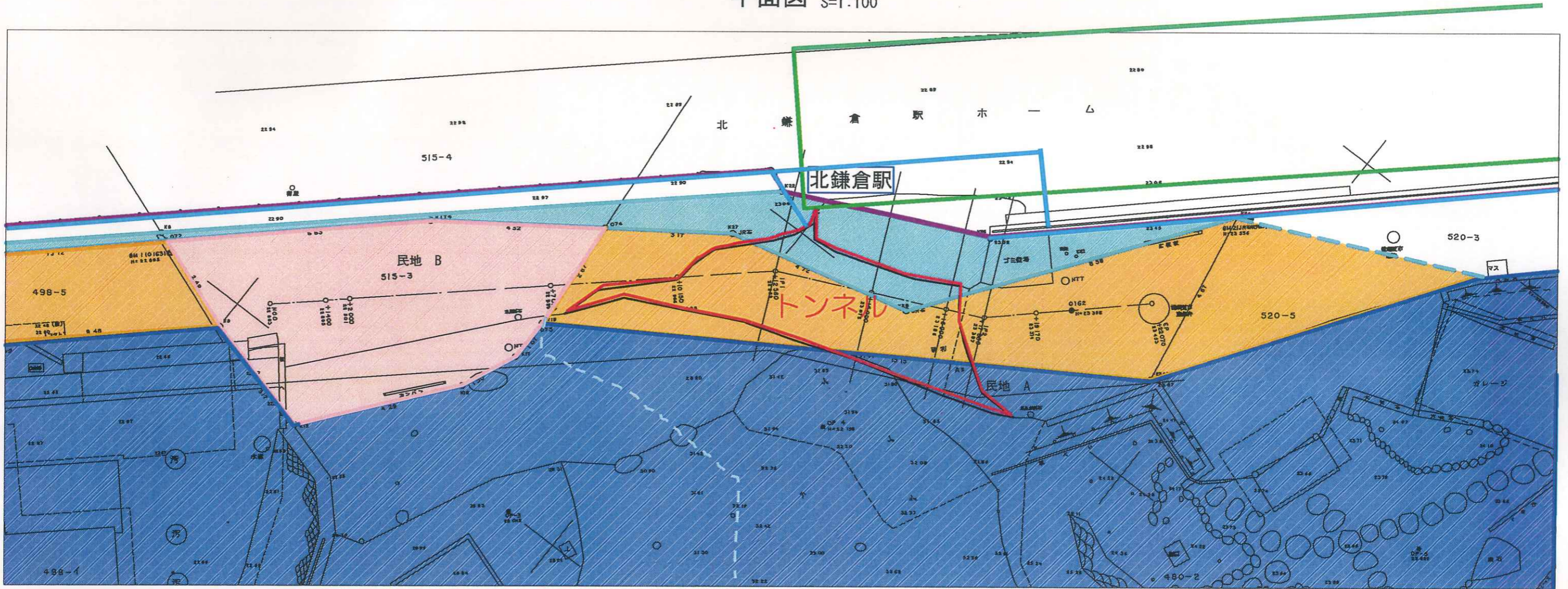
対策案	第1案 ロックボルト工	第2案 アンカー工
概要図	<td data-bbox="1486 281 2745 1255"> </td>	
工法特徴	<p>φ65mmの削孔を行った後、異形鉄筋D19~25とセメントミルクを挿入・注入することで、地盤の補強を行う工法である。通常50kN(5t)/本までの力で抵抗出来る。</p>	<p>φ90mm~115mmの削孔を行った後、PC鋼より線とセメントミルクを挿入・圧入することで斜面崩壊を食い止める工法である。通常800kN(80t)/本までのアンカー力を作用させることが出来る。</p>
施工性	<p>△北鎌倉駅側からの施工となり、施工時は一時的に駅のフェンスや底を撤去する必要がある(足場幅2.0mを確保する必要あり)。</p>	<p>△削孔に用いるロータリーパーカッションは足場が4.5m程度必要となることから、JR側からの施工とはならず、<u>基地側からの施工</u>となる。</p>
施工の確実性	<p>○面的に1.0m~1.5mピッチでロックボルトが配置されるため、斜面全体の補強が可能となる。 ○第2案に比べてロックボルトは密に配置されるため、小規模(1m程度)な崩壊も抑止することが可能である。 △ただし、表層のはく落や風化、侵食には対応できない(別の方策との併用が必要)。</p>	<p>△セメントミルクを圧入する必要があるため、クラック部からセメントが漏れ出す恐れが高い。 △施工後にはアンカーに緊張力を作用させる必要があるが、凝灰岩と砂岩であり、緊張力に岩盤が耐えられず、JR側側壁部を傷める可能性がある。 △大規模な崩壊に対する工法であり、表層のはく落や風化、侵食には対応できない(別の方策との併用が必要)。</p>
景観性	<p>○φ200mm深さ200mm程度の穴を削孔した後、穴の中心よりロックボルトの施工を行い、施工後は頭部を擬岩処理することで景観の回復が可能。</p>	<p>○鎌倉駅側の景観は変化しない。</p>
実績	<p>名越切通(神奈川県逗子市)</p>	<p>華巖の滝(栃木県日光市)</p>
評価	<p>施工の実現性、施工の確実性に優れることから採用 ○</p>	<p>1案に比べ施工が難しく、施工の確実性でも劣るため不採用 △</p>

表 3-6 尾根表層のはく落・風化・侵食防止対策工

対策案	第1案 厚ネット工+植生マット工	第2案 長繊維補強土工	第3案 吹付モルタル+斜面いどり工法
概要図			
工法特徴	<p>高強度のネットと L=1m 程度のアンカーとの組み合わせにより落石の発生を防止する。ただし、風化に対する抵抗力はないため、地山と厚ネットの間に植生マット（耐侵食タイプ）を敷設することで風化を防止する。</p>	<p>砂と繊維と水を同時に吹き付けて法面に厚い土構造物(約 20cm)を構築することで風化、侵食を防止する。</p>	<p>モルタル吹付を行った後、表面をエイジング処理によって施工前の風合いに近づける工法である。基本的に吹付モルタルは岩盤斜面を対象とした工法である。</p>
施工性	<p>○地形に沿ってネットを張ることが可能であるため、施工性は良い。人力のみで施工が可能であるため、狭隘な場所での施工に優れる。</p>	<p>△モルタル吹付工と同様に 20m×5m 程度のプラントが必要となる。 △吹付の際の騒音が大きい。</p>	<p>△20m×5m 程度のプラントが必要となる。 △吹付の際の騒音が大きい。 ○アンカーボルトが不要であるため他案に比べ地山を傷めない。</p>
施工の確実性	<p>○オーバーハング箇所にも施工可能であるため、確実性は高い。</p>	<p>△オーバーハング箇所には適用できない。 (施工する場合はオーバーハング部の除去が必要)</p>	<p>△オーバーハング箇所には適用できない。 (施工する場合はオーバーハング部の除去が必要)</p>
景観性	<p>○施工後は植生が回復することでネットは目立たなくなる。 ○また、立木がある場合でも伐採を行うことなく施工が可能である。</p>	<p>△緑化を積極的に行う必要があり、元々の景観より緑化が進行した風景となる。</p>	<p>△岩盤の風合いを残すことは可能であるが、植生の回復は望めない。 △岩盤斜面が対象となる（施工する場合は対象範囲の土砂の除去、樹木伐採が必要）。</p>
評価	<p>施工の確実性と景観性に優れているため採用 ○</p>	<p>施工の確実性に劣るため不採用 △</p>	<p>植生の回復が望めないため不採用 ×</p>

# 土地所有者状況

平面図 S=1:100



## 土地所有者状況

- ・尾根は、JR 所有地 (軌道外)、鎌倉市道路用地、民地(A)となっている。
- ・トンネルは、鎌倉市道路用地、JR 所有地 (軌道外)、民地(A)となっている。
- ・トンネルの南側には、私道である民地(B)がある。

## 土地利用状況

- ・鉄道敷設は明治 22 年、北鎌倉駅の開設は昭和 5 年である。
- ・トンネル路面下の横須賀水道管 (φ1000mm) は昭和 38 年、ガス管 (φ80mm、低圧鋼管) は昭和 46 年に敷設された。
- ・北鎌倉隧道の掘削時期は不明である。
- ・現在残っている尾根は、緑地、墓地、擁壁として利用されている。
- ・トンネルは平成 27 年 4 月 28 日より通行禁止となっている。



## <参考>現況調査の概要

### 現況調査

平成28年8月のはく落後のトンネル内部の詳細スケッチ及び尾根部の地表踏査を行った。合わせて、トンネル路面下の埋設管の配置確認とJR側側壁厚確認のため、地中レーダ探査を実施した。その概要は以下のとおりである。

#### (1) トンネル及び尾根部に関する地質学的な所見 (図3-1)

##### 1) トンネル内壁面

- トンネル山側アーチ天井部に雁行状に配列したクラックが見られる。クラックは鎌倉側坑口部からトンネル延長方向に連なり、大船側坑口の手前1.5m付近で消失する。現状でトンネル内壁には、ブロック状のはく落危険箇所は見られないが、山側アーチ天井部の雁行状のクラックから内側に向かってせん断力が生じており、トンネルが縦断方向に2つに分断されつつある状況が想定される。また、相対的に山側アーチ部では風化が著しい。
- JR側アーチ部には明瞭なクラックは見られない。また、浮きやブロック状のはく落は見られない。ただし、JR側アーチ部の壁厚が50cm程度と薄いところもあることから、地震時等に外力が加わることで側壁が座屈し、トンネルを含む尾根地形が内側に崩落し、切通し状になることが懸念される。
- トンネル内壁はJR側と山側で形状が異なっており、長田委員による針貫入試験では、JR側側壁300kN/m<sup>2</sup>、山側側壁150~200kN/m<sup>2</sup>とJR側の方が明らかに強度が高いことが確認されている。検討委員会において、コンクリート吹付が為されている可能性が指摘されたため、JR側側壁内壁表面のpH試験、塩酸試験、蛍光X線分析、X線回折を実施したが、コンクリート吹付の可能性を示唆する結果は得られなかった。

##### 2) トンネル坑口部

- 鎌倉側坑口部の山側に開口したクラックが見られる。クラックは、①山側側壁に直交するもの、②トンネル壁面に平行なもの、③層理面に沿った低角度(20°程度)の分離面、の3つが見られ、これらのクラックで囲まれた範囲で平成28年8月11日に坑口部岩盤のはく落が発生している。①のクラックについては、さらに鉛直方向に延びているが、上方の状況については草木が茂り確認できない。②のクラックに沿って面的に植物根の侵入が見られ、クラック沿いの岩盤の劣化・ゆるみが著しい。③の分離面沿いに浮きがあり、はく落が懸念される。鎌倉側坑口の山側側壁では、開口クラックに沿って、厚さ20~60cmの岩盤の転倒・はく落がさらに起きると想定される。また、坑口天端の層理面沿いのはく落分離面からのはく落、はく落も予想される。
- 鎌倉側坑口部の平成28年8月のはく落箇所のクラックに侵入している根茎について、DNA解析を行った結果、サクラ亜属、フジ属、ウツギ属と判別された。これらの種ははく落の要因となっているため、優先的に伐採、除去することが望ましい。
- 大船側坑口部の山側の壁面に平行な開口クラックがあり、岩盤の浮きが見られる。樹木等が生い茂り十分な観察ができない状況であるが、さらに坑口部直上に30cm程度のオーバーハングが見られる。フジの根が岩盤に食い込んでいる。さらに大船側坑口部の垂直斜面では、低角度の地層境界(層理)面に沿った岩盤の抜け落ちにより、オーバーハング崖が形成されており、岩盤がブロック状にはく落する可能性がある。

##### 3) 尾根部

- トンネル上部の尾根には、地すべり、大規模岩盤崩落等の痕跡を示す段差地形等は見られない。ただし、JR側では鋭角に斜面の岩盤が切り下がっており、岩盤のはく落片等が確認されることから、樹木根の侵入により、表層部のゆるみが進行している可能性がある。
- また、トンネル両坑口部の急傾斜ないし垂直の斜面では、高角度の開口亀裂が見られ、亀裂沿いにゆるんだ岩盤がはく落する可能性がある。坑口斜面沿いの岩盤のゆるみは特に鎌倉側で著しい。
- 砂岩の間の凝灰質沿いに侵入した植物根の成長とさらなる根の侵入により、クラックがさらに開口し、岩盤が不安定化することが懸念される。

##### 4) 地盤工学的観点から見た要対策事項

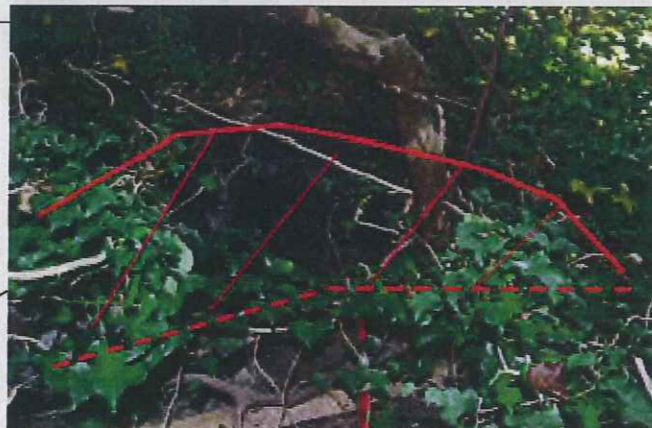
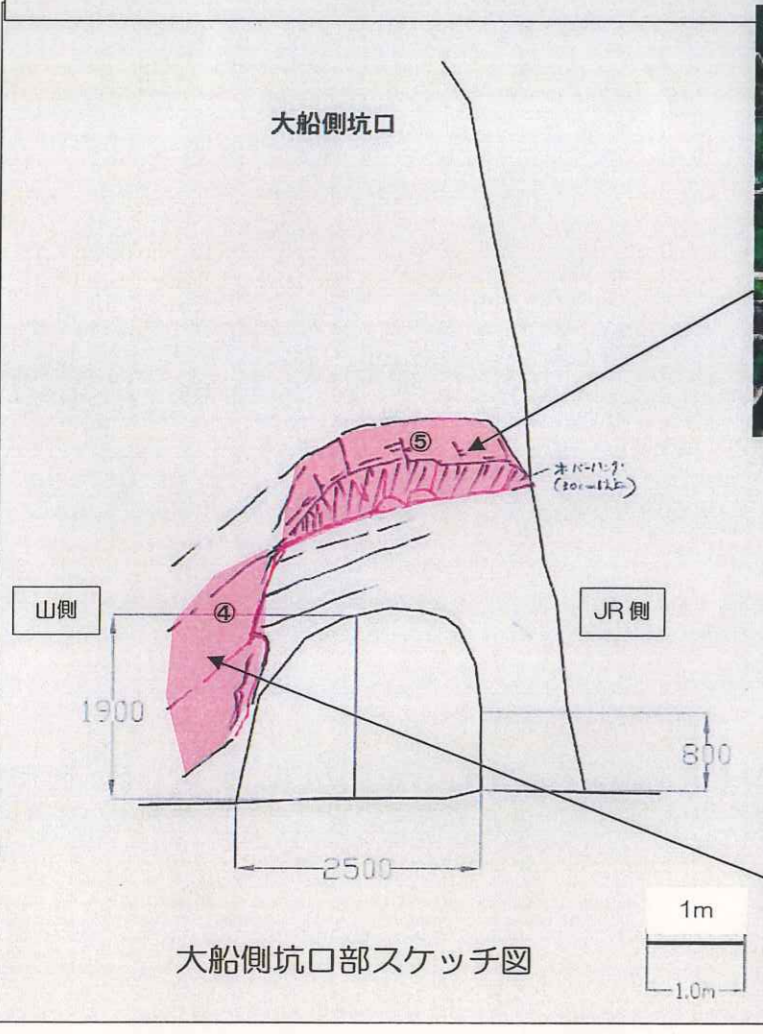
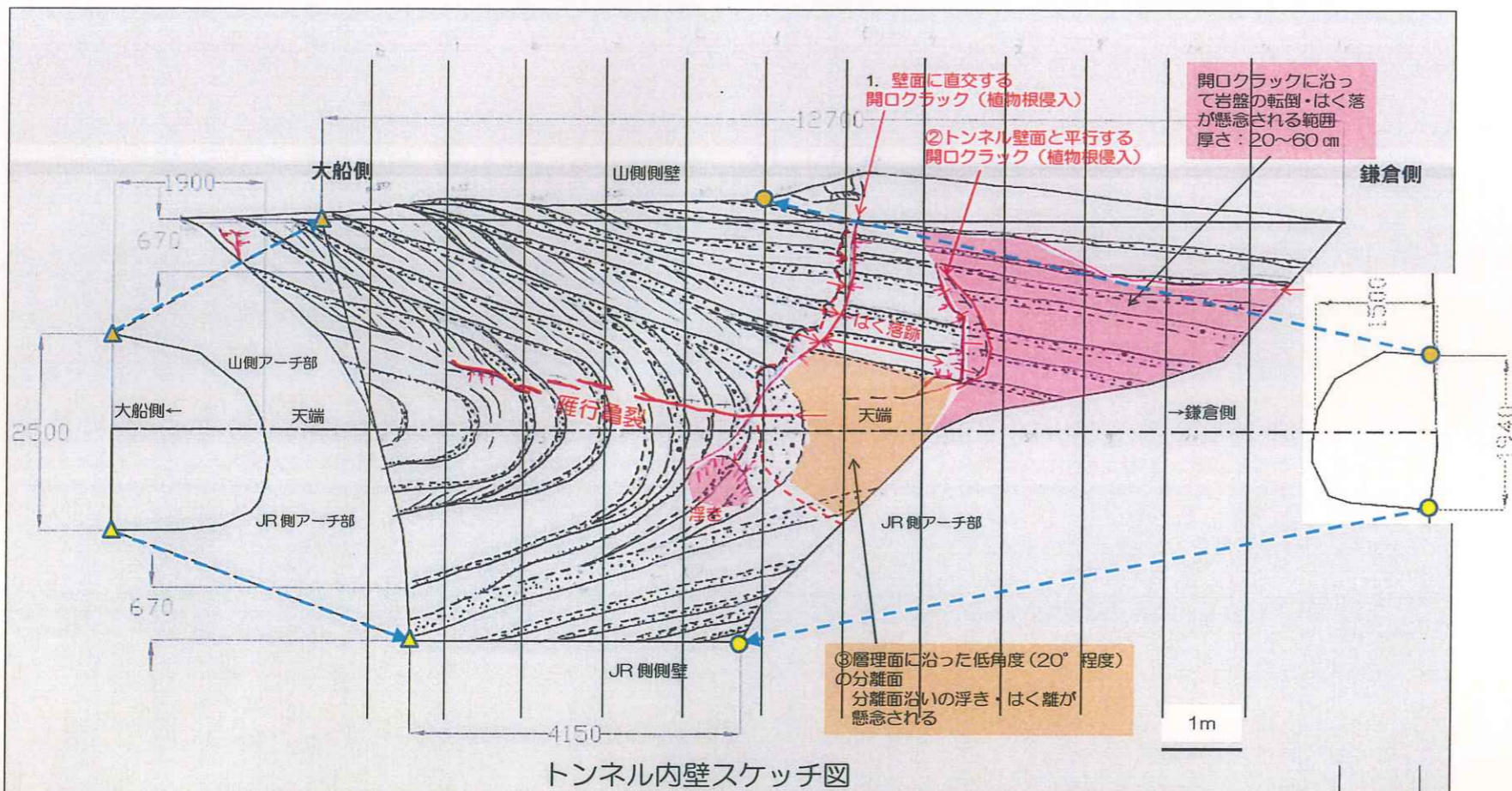
- トンネルの通行確保のためには、トンネル両坑口部の浮き・はく落対策、トンネル坑口の防護対策が必要である。
- 坑口部を除くトンネル内壁については、現状では特に対策の必要はないと考えるが、壁面の風化が著しいため、トンネル本体の補強対策を見定めた上で、必要に応じて風化対策が必要である。
- 外力が作用した場合、尾根地形が内側に崩落する懸念があるため、地震時等にトンネルの構造的な安定性を確保する対策が必要である。
- 尾根上部の斜面に堆積している土砂及び亀裂沿いにゆるんだ岩盤が崩落する可能性があるため、安全な通行とJR軌道側の安全確保を目的に崩落防止対策が必要である。
- 樹木については、岩盤への根の侵入、上部が風で揺れることによる亀裂の増長などが懸念されるため、尾根上部の斜面に生えているものは伐採する。特に、植生調査で判別された種については、平成28年8月のはく落箇所に根茎が網目状に伸長しており、岩盤の風化及びはく落の要因の一つになっているため、優先的に伐採、除去する。抜根については、尾根を構成する岩盤や表土への影響を考慮して、個別に決定する。

#### (2) 路面下の埋設管に係る所見 (図3-2)

- 水道管は管路配置図とほぼ同じ位置に埋設されている。埋設深度は現地表面から75~100cm程度である。
- ガス管は、水道管の上部(現地表面から40~85cm程度)に埋設されている。
- 水道管設置の際の掘削範囲は、地中レーダ探査では明瞭にとらえることはできなかった。

#### (3) JR側側壁厚に係る所見 (図3-3)

- 岩盤背面の反射が明瞭に捉えられた。反射面の深度を読み取り、平成25年度の測量成果横断面図と重ね合わせて比較した結果(B断面)、測量横断面図とは一部で厚さの違いが見られたものの、現地状況と比較するとおおむね整合している。
- そこで、それ以外の3か所についても断面図を作成した(A、C、D断面)。その結果、両坑口部では高さ1.5m付近で側壁の厚さが1mよりも薄いところがあるものの、高さ1.0mより下方では側壁の厚さは1m以上あることが確認された。
- 地中レーダ探査では、古写真に写っていた小規模な凹凸まで把握することは難しい。



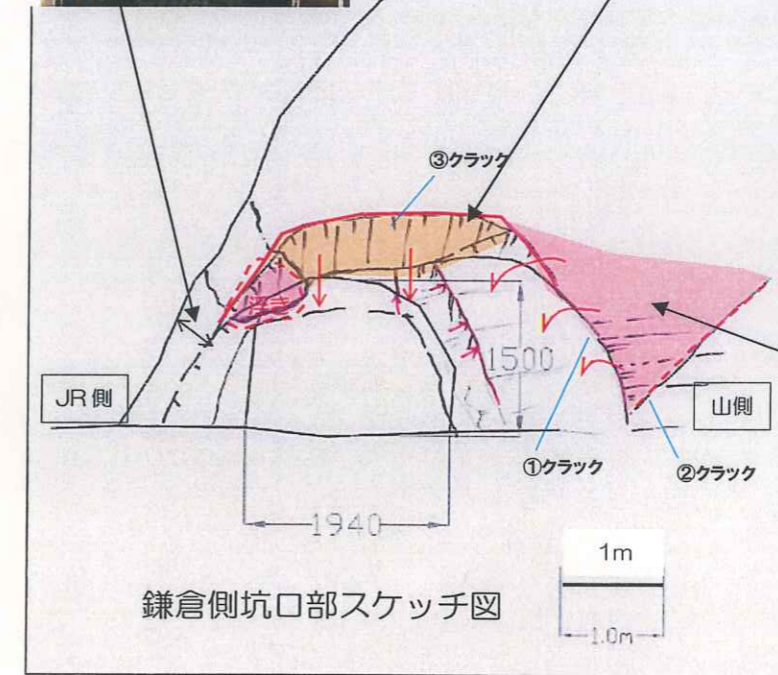
坑口直上の岩盤のオーバーハング  
突出幅: 20~30 cm



坑口側部の岩壁面に沿った板状の浮き  
厚さ: 20~30 cm



駅舎側アーチ壁が  
50 cm程度と薄い。



開口クラックに沿って岩盤の転倒・はく落  
が懸念される範囲  
厚さ: 20~60 cm

図 3-1 地表踏査結果

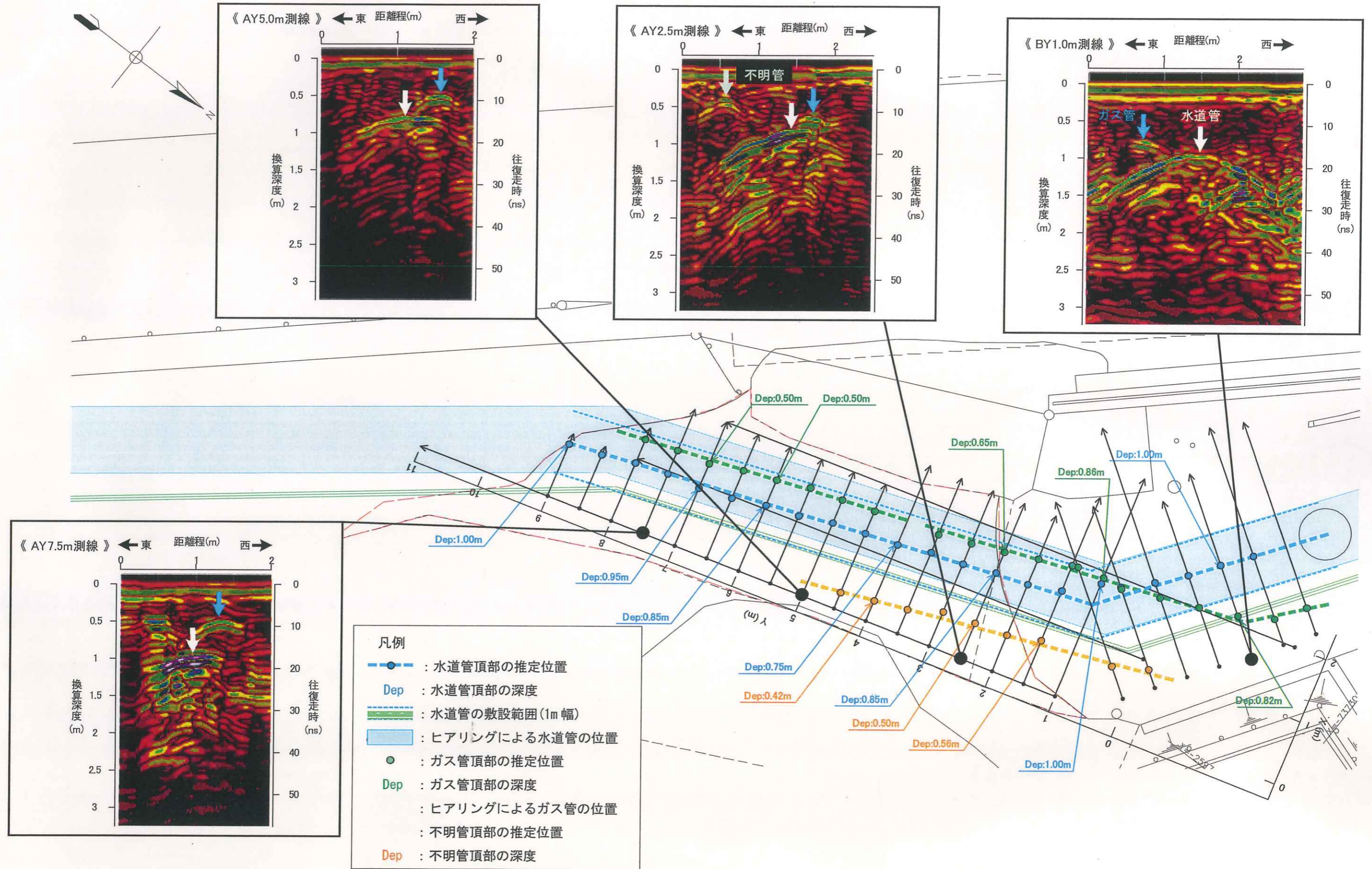
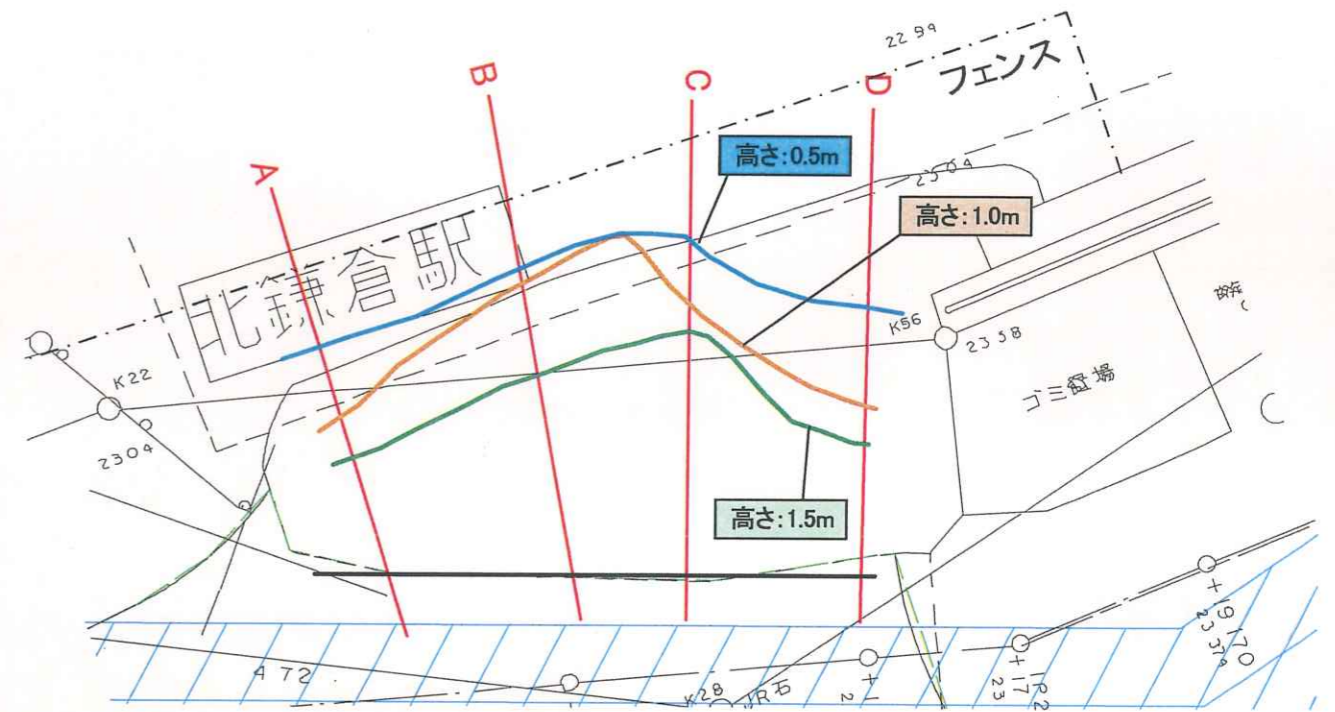


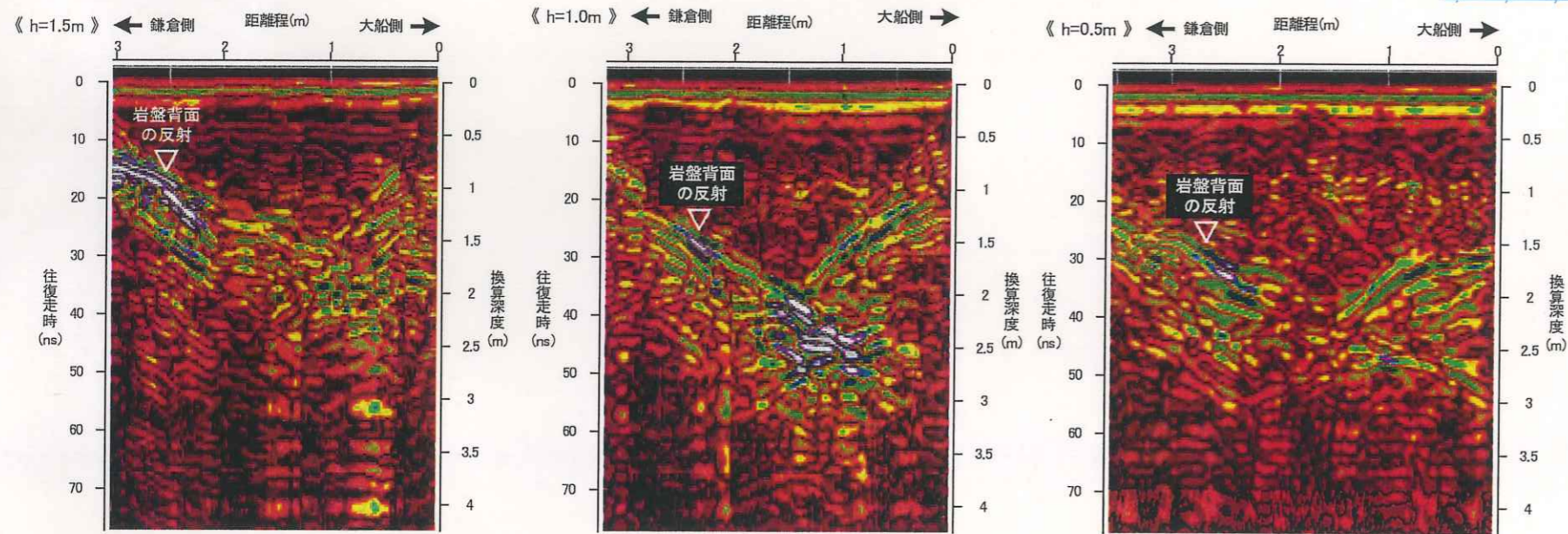
図 3-2 地中レーダ探査結果 (路面下)



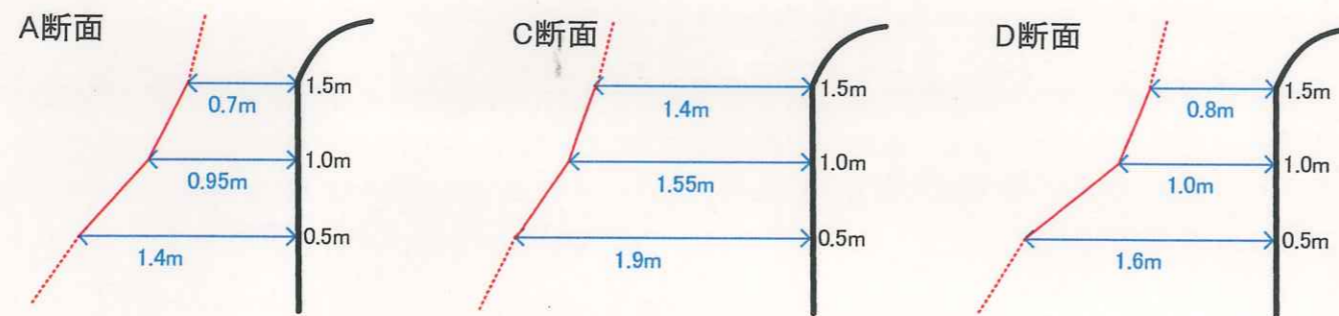
【測線配置】



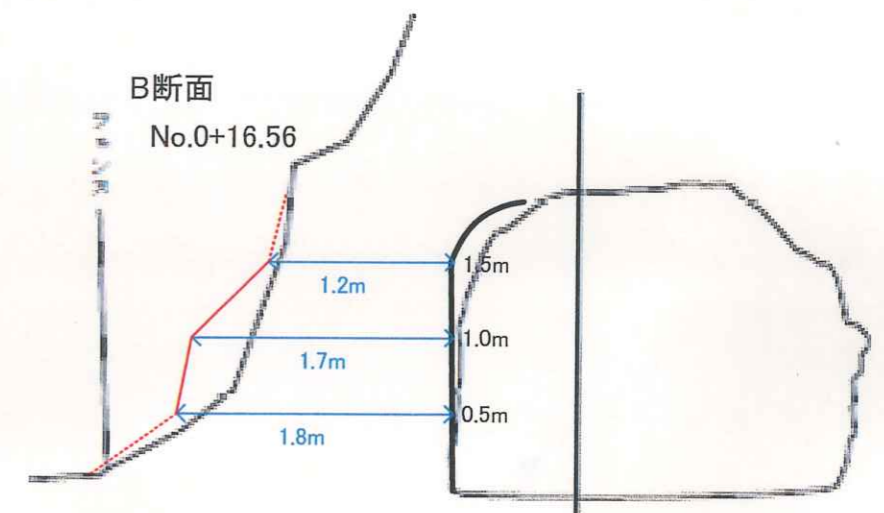
【レーダ記録】



探查記録から読み取った高さ別の側壁厚さ平面図 縮尺 1:50



探查結果から読み取った側壁厚さ断面図 縮尺 1:50



※高さ 0.5m以下、1.5m 以上は推定ライン

図 3-3 地中レーダ探查結果 (壁面)